第 43 卷 增刊
2000 年 5 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol. 43, Suppl.
May, 2000

文章编号：0454-6296（2000）增刊-0195-06

几种玉米气味化合物对亚洲玉米螟产卵选择的影响

何康来[1]，文丽萍[1]，王振营[1]，周大荣[1]，丛　斌[2]

（1. 中国农业科学院植物保护研究所，北京　100094；2. 沈阳农业大学植物保护系，沈阳　110161）

中图分类号：S 435.135　　　文献标识码：A

行为学研究结果表明，亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis*（Guenée）成虫具有交配栖息与产卵异地的习性，玉米螟对产卵寄主具有选择性，这种选择性不仅表现在对不同种间的选择，而且表现在对同种植物不同生育时期与长势的选择[1~3]。对欧洲玉米螟 *O. nubilalis*（Hübner）寄主植物挥发性气味物质和幼虫粪便提取物与雌蛾产卵行为化学联系的研究表明，化学信号在玉米螟产卵寄主选择过程具有重要的作用[4,5]。玉米不同组织挥发性气味的收集、分离和鉴定已进行了许多研究，其中已鉴定明确的挥发性气味的某些化合物的田间诱蛾及风洞行为研究已取得了一些进展，且在产卵基表面喷涂一些化合物对欧洲玉米螟产卵的影响已作了初步探讨[6~14]。虽然楼洪章等报道亚洲玉米螟幼虫粪便中存在能调控雌蛾产卵运动方向的忌避物质[15]，但寄主植物挥发性物质对亚洲玉米螟雌蛾产卵的影响还未见报道。本文就亚洲玉米螟对 4 种已知玉米气味化合物的产卵选择反应进行了初步研究。

1　材料和方法

1.1　供试昆虫

亚洲玉米螟采用周大荣等[16]标准养虫设备和无琼脂半人工饲料及饲养方法繁殖，成虫饲养在 26℃、RH 大于 80％和 16L:8D 的光周期条件下。羽化 48 h 的雌蛾大多数已交配并开始产卵，作为生测试验供试虫源。每头雌蛾仅测试一次，以避免出现由于雌蛾对识别过的化学物质产生获得性选择行为或经验。

1.2　供试化合物

苯乙醛（PAA），d＝1.03 g/mL；苯甲醛，d＝1.05 g/mL，Sigma 公司产品；青叶醇（顺-3-己烯-1-醇），d＝0.846 g/mL；柠檬烯（(s)-(-)-萜二烯-1，8），d＝0.844 g/mL，Aldrich 公司产品；甲醇，优级纯，天津四友产品。

1.3　产卵生测方法

1.3.1　产卵生测装置：产卵生测装置分为产卵室和挥发性气味源释放室两部分。以铝合金纱网制作的 7.5 cm×7.5 cm×11.3 cm 养虫笼为制作生测装置的基础，上有一可打开的中空的外盖和一底面粘有 100 目砂纸的纸板内盖。内盖上有 2 个直径为 2.5 cm 的圆孔，两孔相距 1 cm。每个孔上方分别粘一高 1.5 cm，直径为 2.5 cm 的纸制连接套管，其中一个标记为 CK，另一标记为 Tr。取两个长 8.0 cm、直径为 2.4 cm 的玻璃指形管，每个指形管的开口端覆盖一张 2.5 cm×2.5 cm 的蜡纸，作为测试气味释放室插入产卵室盖上的连接套管内，蜡纸面与盖面平齐。蜡纸既供雌蛾产卵，又将产卵室与气味源释放室分隔开。在蜡纸上用 000 号昆

基金项目：教育部“留学回国人员科研启动基金”和农业部重点项目 95 农-17-05-04 资助
收稿日期：1999-07-22，修订日期：2000-01-21

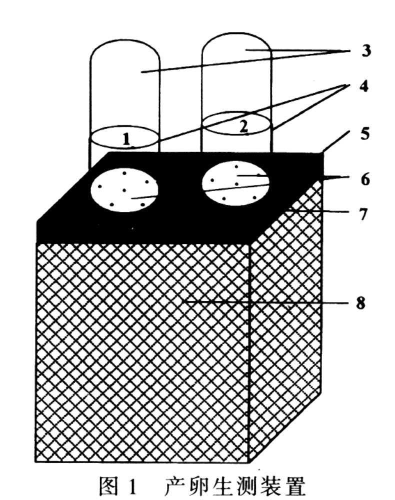


图1 产卵生测装置

Fig.1 Cage for oviposition bioassay

1.CK; 2.Tr; 3.挥发性气味源室(玻璃管)(Volatile dissipating cone); 4.套管(Vial supporter); 5.外盖(Removable lid); 6.有6孔的产卵蜡纸(Oviposition substrates with 6 holes); 7.内盖(底面为100目砂纸)[Paper carton lid (Underside surface covered with 100-grain sandpaper)]; 8.雌蛾活动与产卵室(Oviposition container)

虫针在2/3～3/4半径的圆周上等距离扎5个孔，圆心扎1孔，其作用是使挥发性气味通过小孔扩散到产卵室（图1）。

1.3.2 测试原理：在Tr连接套管支撑的玻璃指形管内底部放一3.3 cm×0.5 cm的定性滤纸，将待测定的化合物滴在滤纸上。测试化合物挥发产生的气味靠分子扩散穿过蜡纸上的小孔进入到产卵室，产卵室内的玉米螟雌蛾不能与玻璃指形管内的测试化合物直接接触，即接触化学感受器不能接触到测试化合物，但嗅觉感受器可检测到化合物气味，作出识别性反应。插在CK连接套管的玻璃指形管内为空白，雌蛾对气味处理和空白对照作出产卵选择反应，以雌蛾在CK和Tr产卵的多少作为对测试气味的产卵选择反应衡量标准。

1.3.3 测试方法：用蒸馏水喷洒产卵室，在每个笼底放一浸了蒸馏水的棉球，以保持高湿和供雌蛾饮水。羽化2日龄的亚洲玉米螟雌蛾分别被接到生测装置的产卵室，每室1头雌蛾。最后移入温度为26℃，RH >80%、光周期为16L:8D的成虫室。第一天晚上不作气味化合物处理，翌日分别记录每头雌蛾在每一产卵处所产的卵块数和卵粒数，只有已产卵的雌蛾继续用于对测试气味的产卵行为反应测定。将测试化合物用一次性微量进样器加在Tr指形管内的滤纸上，每管1 μL。第三天分别记录每头雌蛾在CK和Tr所产的卵块数和卵粒数。

1.4 试验设计和数据分析

采用完全随机设计，每个处理测试雌蛾50头以上。以产卵反应指数（*ORI*）来衡量测试化合物对每头雌蛾产卵选择反应的刺激或抑制作用，其计算公式为：

$$ORI = (Nt - Nc)/N$$

其中：*Nt* 为在处理产卵粒数；*Nc* 为在对照产卵粒数；*N* 为雌蛾总产卵量。

根据上式计算的产卵反应指数值为：$-1 \le ORI \le +1$。当 $ORI = 0$ 时表明雌蛾在空白对照与处理间没有选择性，即所测试化合物对亚洲玉米螟雌蛾产卵选择没有影响。当 $ORI < 0$ 时，表明雌蛾趋向选择在空白对照产卵，即所测试化合物对亚洲玉米螟雌蛾产卵选择有抑制作用，*ORI* 愈接近 −1，说明抑制作用愈强。相反，当 $ORI > 0$ 时，表明所测试化合物对亚洲玉米螟雌蛾产卵选择有刺激作用，*ORI* 愈接近1，说明刺激作用愈强。每一种测试化合物对亚洲玉米螟雌蛾产卵选择反应的刺激或抑制作用以总测试群体的 *ORI* 平均值来衡量。用SAS统计软件Univariate Procedure进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 雌蛾在产卵生测装置中产卵选择的随机性

生测试验结果表明，雌蛾选择在光滑的表面产卵，卵块典型地分布在供产卵的蜡纸上。雌蛾一般每晚产1～3块卵，最多可达7块卵，卵粒数4～250粒。测试第一晚雌蛾在两片产卵蜡纸所产的卵量之间差异不显著，各测试群体的平均产卵反应指数 *ORI* 值接近于0(表1)，趋向两个产卵点产卵的雌蛾（$ORI > 0$ 与 $ORI < 0$）数之间无明显差异（图2），这表明在没有挥发性气味化合物的条件下雌蛾在生测装置中的产卵选择是随机的。

表 1　无气味化合物条件下雌蛾在生测装置中产卵的随机性

Table 1　Oviposition response of Asian corn borer females to two substrates without volatile treatment

测试雌蛾数 No. of moths tested	平均落卵粒数 No. of eggs		*ORI*	*p*
	CK	Tr		
98	50.2	59.6	0.0664	0.48
71	42.3	54.5	0.0843	0.52
78	51.3	55.8	0.0011	0.99
117	45.2	45.2	−0.0528	0.35
54	57.3	54.1	−0.0892	0.47

ORI: oviposition response index; the same for Table 2

表 2　亚洲玉米螟雌蛾对 4 种玉米化合物的产卵选择反应

Table 2　Oviposition response of Asian corn borer females to four corn plant volatiles

化合物 Volatile	测试雌蛾数 No. of moths tested	平均落卵粒数 No. of eggs		*ORI*	*p*
		CK	Tr		
PAA	117	51.1	16.0	−0.5430	0.0001
PAA×10^{-1}	54	66.5	24.9	−0.4364	0.0003
苯甲醛①	98	51.8	22.6	−0.3543	0.0001
柠檬烯②	78	50.6	25.8	−0.2641	0.0064
青叶醇③	71	57.5	41.4	−0.2208	0.03

①benzaldehyde; ② (*s*)-(-)-limonene; ③*cis*-3-hexen-1-ol

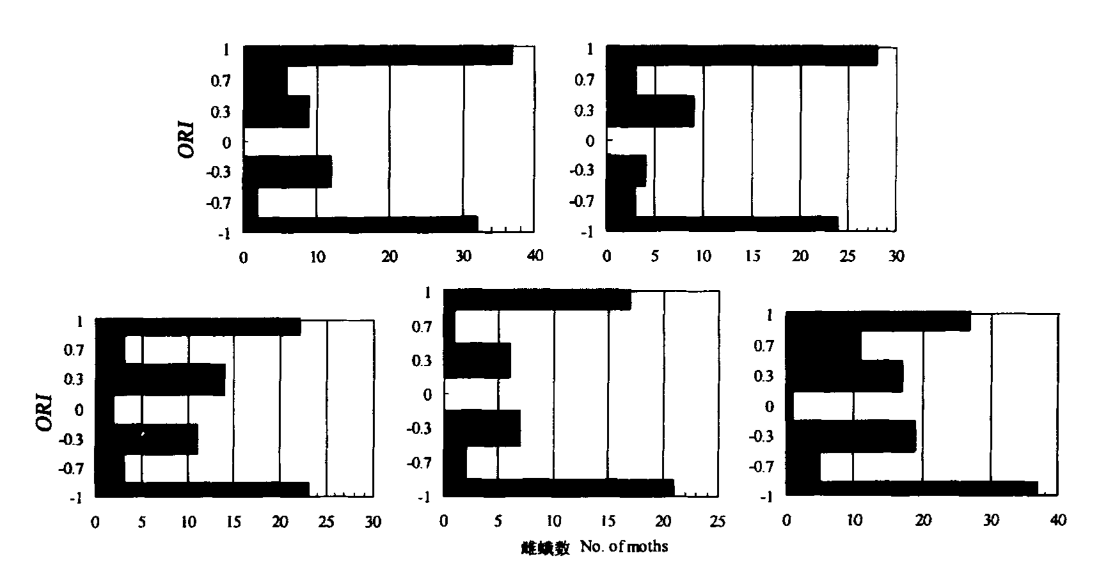


图 2　无气味化合物时在两选产卵点产卵的雌蛾数分布

Fig. 2　Distribution of Asian corn borer females ovipositing on two substrates without volatile treatment

2.2　供试化合物对亚洲玉米螟雌蛾产卵选择的影响

亚洲玉米螟雌蛾对 PAA、苯甲醛、青叶醇和柠檬烯 4 种玉米气味化合物表现出明显的产卵负选择性，趋向选择在对照产卵的雌蛾数（*ORI*<0）显著多于选择在 4 种玉米气味化合物处理产卵的雌蛾数（*ORI*>0）（图 3）。雌蛾在 PAA、苯甲醛、青叶醇和柠檬烯 4 种化合物处理所产的卵量显著少于对照，测试雌蛾群体对 PAA、苯甲醛和柠檬烯的平均产卵反应指数 *ORI* 值均极显著的小于 0，青叶醇显著小于 0（表 2）。这一结果说明 4 种玉米气味化合物对亚洲玉米螟雌蛾产卵具有明显的抑制作用。各测试化合物的抑制活性大小依次为 PAA>苯甲醛>柠檬烯>青叶醇。当 PAA 用甲醇稀释 10 倍时，*ORI* 值明显降低，说明其对亚洲玉米螟雌蛾产卵的抑制作用活性与化合物的剂量相关。

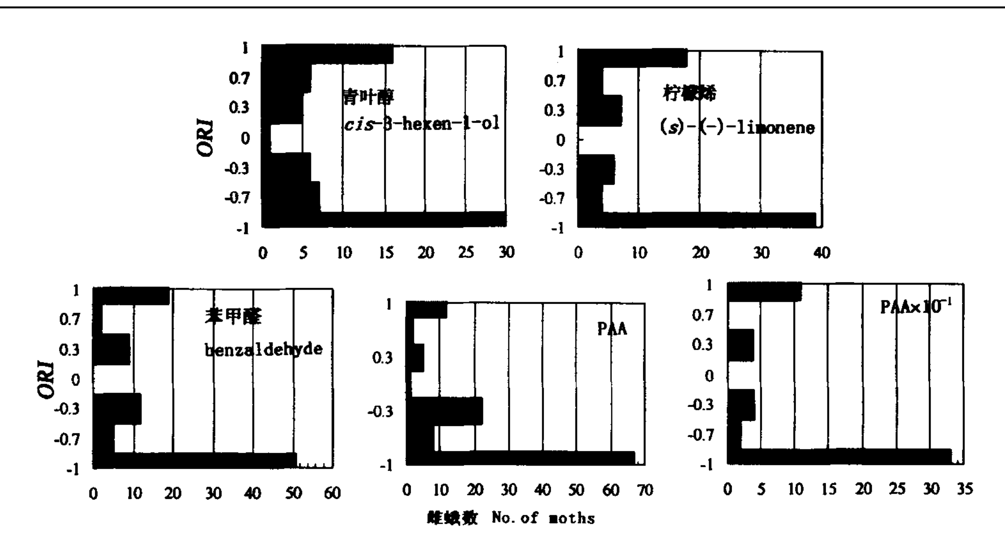


图3 趋向CK与Tr产卵的雌蛾数分布

Fig.3 Distribution of Asian corn borer females ovipositing on substrates with volatile components

3 讨论

虽然嗅觉仪和风洞技术已普遍用于研究植食性昆虫对寄主植物气味的行为反应，但采用这些方法的研究主要着眼于寄主植物气味在植食性昆虫发现寄主过程中的作用探讨。本研究所设计的产卵生测装置，其带孔的产卵蜡纸是仿植株叶片及其上的气孔设计的，测试的挥发性物质靠气体分子的自然扩散传播，类似于气孔释放气味的形式。单笼单雌克服了一笼多雌之间的相互影响及雄蛾的影响。因此采用这一方法测定寄主植物挥发性物质在雌蛾识别寄主适宜性过程中的作用是完全可行的。

本研究选用PAA、苯甲醛、青叶醇和柠檬烯4种挥发性物质的原因在于：(1) 它们都是在玉米花丝、苞叶或雄穗等气味中分离并已鉴定明确化学结构的化合物[7~9,12,13]；(2) 前3者在风洞及田间诱捕试验中都表现出对欧洲玉米螟成虫有引诱作用[10,11,14]，因而其可能是亚洲玉米螟产卵的刺激化合物；(3) 柠檬烯则可能是抑制亚洲玉米螟产卵的化合物，因为玉米植株受植食性昆虫为害后，柠檬烯的释放量显著增加，这种现象被认为是玉米主动防御害虫继续侵害的方法[17]，而亚洲玉米螟产卵时不选择受害玉米植株。

本研究的结果表明，在风洞及田间诱捕试验中都表现出对欧洲玉米螟成虫具有引诱作用而被认为可能对雌蛾产卵选择有刺激作用的PAA、苯甲醛和青叶醇，对亚洲玉米螟的产卵有显著的抑制作用，这与对欧洲玉米螟的研究结果相同[18]。在研究植物化学信号引导植食性昆虫选择寄主植物并产卵的行为过程中的作用时，挥发性物质通常被认为在寄主植物的发现过程中起一关键性作用。然而，在植物周围特别是接近植物表面的临界层，植物释放的挥发性物质的浓度较高且相对稳定，不受环境条件变化干扰。当昆虫着落在植株上以后，挥发性物质的信号增强，相对来说"噪音"干扰相对很低[19]。因而，挥发性物质亦可能在寄主植物选择的最后阶段影响昆虫对植株的接受或拒绝。Flint报道了喷在棉花植株上的苯乙醛对棉红铃虫雌蛾产卵的抑制作用，但由于棉红铃虫在相邻对照区的植株上正常产卵，他们认为苯乙醛对棉红铃虫的产卵抑制作用需要直接的接触[20,21]。然而，从本研究的结果分析，PAA的抑制作用亦可能发生在植物表面的近距离。此外，同一化合物在雌蛾选择产卵寄主的不同阶段的作用不同，这对开展以寄主植物它感化合物进行成虫诱杀防治的研究又提出了新的问题。

PAA和苯甲醛只在玉米花丝、雄穗、苞叶及籽粒的挥发油的化合物组成中发现[7~9,12]，但在玉米叶气

味中还未见报道。在自然界，玉米螟在抽雄、抽丝期的玉米上产卵，后代成活率相对较高，这一时期的玉米田对玉米螟产卵有较高的吸引力。尽管初孵幼虫大都转移至雄穗和花丝取食，但雌蛾喜欢选择产卵的植株部位是雌穗着生节及其上下节叶片和苞叶的较大旗叶，而不在花丝、雄穗上产卵。说明 PAA 和苯甲醛可能对雌蛾选择适宜的部位产卵有导向作用。

尽管柠檬烯是玉米叶气味的化学组成成分，但当玉米受害虫为害后，其释放量显著增加[17,22]。这说明寄主植物主动防御植食性昆虫的侵害不仅只是释放某种特异性化合物，而且以增加某些固有化合物的释放数量来防御害虫的生态化学机制，对此值得进一步研究。

亚洲玉米螟选择玉米产卵必定有其引诱和刺激组分，今尚未找到。同时对 4 种化合物的活性仅在室内作了初步探讨，今后有必要在田间进一步验证。

参　考　文　献 (References)

[1] 李璧铣，高书兰，刘　勇．玉米螟越冬代成虫的行为及分布研究．河北农学报，1985，10 (3)：69～74

[2] 李文德，王秀珍．玉米螟与寄主植物的关系．植物保护，1981，7 (1)：10

[3] 周大荣，何康来编著．玉米螟综合防治技术．北京：金盾出版社，1995．102

[4] Dittrick L E, Jones R L, Chaing H C. An oviposition deterrent for the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, extracted from larval frass. J. Insect Physiol., 1983, 29: 119～121

[5] Schurr K, Holdaway F G. Olfactory responses of female *Ostrinia nubilalis*. Entomol. Exp. Appl., 1970, 13: 455～461

[6] Binder B F, Robbin J Cs, Wilson R L. Chemically mediated ovipositional behaviors of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae). J. Chem. Ecol., 1995, 21: 1 315～1 327

[7] Buttery R G, Ling L C. Corn leaf volatiles: identification using Tenax trapping for possible insect attractants. J. Agric. Food Chem., 1984, 32: 1 104～1 106

[8] Buttery R G, Ling L C, Teranishi R. Volatiles of corn tassels: possible corn ear worm attractants. J. Agric. Food Chem., 1980, 28: 771～774

[9] Buttery R G, Ling L C, Chan B C. Volatiles of corn kernels and husks: possible corn ear worm attractants. J. Agric. Food Chem., 1978, 26: 866～869

[10] Cantelo W W, Jacobson M. Corn silk volatiles attract many pest species of moths. J. Environ. Sci. and Health., 1979, 14A: 695～707

[11] Cantelo W W, Jacobson M. Phenylacetaldehyde attracts moths to bladder flower and to blacklight traps. Environ. Entomol. 1979, 8: 444～447

[12] Flath R A, Forrey R R, John J Q *et al*. Volatile components of corn silk (*Zea mays* L.): possible *Heliothis zea* (Boddie) attractants. J. Agric. Food Chem., 1978, 26: 1 290～1 293

[13] Thompson A C, Gueldner R C, Davis F M. Corn bud essential oil. Phytochemistry, 1974, 13: 2 029～2 032

[14] Webb J L Jr, Mason C E. Attractiveness of five corn plant volatiles to gravid Z pheromone type European corn borer. In: Integrated Crop Management Effects on Stalk-boring Lepidoptera: NC-205 Regional Research Tech. Committee. 1994

[15] 楼洪章，王学士．从亚洲玉米螟幼虫虫粪中提取雌蛾产卵忌避物．生物防治通报，1985，1 (2)：53～54

[16] 周大荣，王玉英，刘宝兰等．玉米螟人工大量繁殖研究：I、一种半人工饲料及其改进．植物保护学报，1984，7 (2)：113～122

[17] Turling T C J, Tumlinson J H. Systemic release of chemical signals by herbivore-injured corn. Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A., 1992, 89: 8 399～8 402

[18] He K L, Mason C E. Oviposition research of European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, to certain green leaf plant volatiles. In Regional Research Tech. Committee eds. Ecology and management of European corn borer and other stalk-borer Lepidoptera, Reports of NC-205.Des Moines, Iowa, 1997, 197～205

[19] Miller J R, Strickler K L. Finding and accepting host plant. In: Bell W J, Cardé R T eds. Chemical Ecology of Insects. Chapman and Hall Ltd, 1984. 128~157

[20] Flint H M, Noble J M, Shaw D. Phenylacetaldehyde: Further tests for control of the pink bollworm and observations on other Lepidoptera infesting cotton. J. Ga. Entomol. Soc., 1978, 13: 284~289

[21] Flint H M, Smith R L, Pomonis J G *et al*. Phenylacetaldehyde: oviposition inhibitor for the pink bollworm. J. Econ. Entomol., 1977, 70: 547~548

[22] Turlings T C J, Tumlinson J H, Eller F J *et al*. Larval-damaged plants: source of volatile synomones that guide the parasitoid *Cotesia marginiventris* to the microhabitat of its hosts. Entomol. Exp. Appl., 1991, 58: 75~82

Oviposition response of Asian corn borer, *Ostrinia furnacalis* (Guenée), to certain corn plant volatiles

HE Kang-lai[1], WEN Li-ping[1], WANG Zhen-ying[1], ZHOU Da-rong[1], CONG Bin[2]

(1. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094;

2. Department of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)